

ベイナイト鋼板積層による打抜き型の高精度化

Production of the precise blanking tool by laminating bainite steel sheets

中川 威雄・鈴木 清
Takeo NAKAGAWA and Kiyoshi SUZUKI

1. はじめに

抜き型はプレス金型の中では最も精度を要するので、型製作に高度の技術と熟練を要する。抜き型製作に当たっての注意すべき点は、複雑な抜き輪郭の寸法精度を出すことと、クリアランスの正確な設定を含めた型合せであろう。著者らは先に超塑性抜きダイス上にベイナイト薄鋼板を積層する簡易抜き型を開発した¹⁾。この手法は元来超塑性材、垂鉛合金、生型等の軟質切刃をもつ簡易型の切刃を補強するものとして考えられたものであるが、通常抜き型に適用することも可能である²⁾。本報では、通常抜き型にベイナイト鋼板を積層する意義を考察し、適用条件を実験的に検討する。

2. ベイナイト鋼板積層抜き型の意義

超塑性抜きダイス上にベイナイト鋼板を積層することによる効果として、ダイス寸法がポンチ寸法と精密に一致するとともに、零クリアランス状態で型合せが可能であることが挙げられる。そこで、図1のように、通常抜き型のうち、製作が比較的困難であるダイスを粗加工

で仕上げておき、組立て後ベイナイト鋼板を打抜き、その抜きかすを切刃に残しても、同様に上記の効果は期待できる。この際、ダイス穴加工を、コンターマシン仕上げ程度まで下げ、かつらな組立て精度が許されるとすれば、高精度抜き型製作の上で大幅な簡易化を図ることができる。

3. 円形打抜き型による許容クリアランスの実験調査

ダイス穴加工でどの程度までの粗加工が許されるかを調査するため、直径約20mmの丸抜き型のクリアランスを大幅に変化させたものを準備し、これに種々の板厚のベイナイト鋼板を積層した抜き型を作り、実際に打抜き試験を行い抜き型の評価を行った。図2に被加工材として3.1mm厚の熱延鋼板 ($\sigma_B = 31.8 \text{ kg/mm}^2$, 伸び49%, Hv104)を打抜いた場合の切口面の写真を、図3にその結果をまとめたものを示す。この結果により、片側板厚%のクリアランス表示で、20~30%までは仕上げ抜き、60~80%まででも高精度の打抜きが可能であることがわかった。このことは積層ベイナイト鋼板の

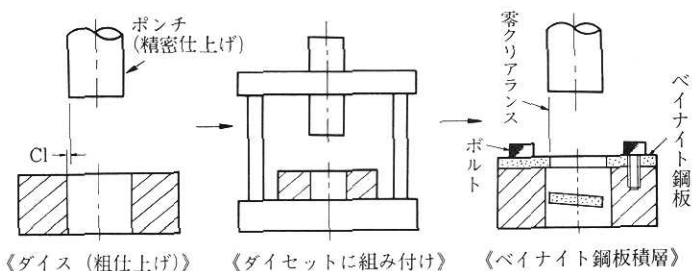


図1 ベイナイト鋼板積層による高精度打抜き型の製作工程

ベイナイト板厚		$t_B = 0.5\text{mm}$ Hv=414	$t_B = 0.8\text{mm}$ Hv=439	$t_B = 1.0\text{mm}$ Hv=375	$t_B = 1.6\text{mm}$ Hv=414
鋼板打抜き時のクリアランスの表示	0.1				
	0.2				
	0.3				
	0.5				
	0.8				
	1.0				

図2 ベイナイト鋼板積層型による打抜き製品切口 ($\phi 20\text{mm}$, SPH3.1mmt)

* 東京大学生産技術研究所 第2部

		積層用ベイナイト鋼板の板厚および硬度			
		$t_b=0.5\text{mm}$ Hv=414	$t_b=0.8\text{mm}$ Hv=439	$t_b=1.0\text{mm}$ Hv=375	$t_b=1.6\text{mm}$ Hv=414
積層用ベイナイト鋼板打抜き時の工具間隙間： Cl_b (mm)	0.1	(20) ◎	(12.5) ◎	(10) ◎	(6.25) ◎
	0.2	(40) ●	(25) ◎	(20) ◎	(12.5) ◎
	0.3	(60) ◎	(37.5) ◎	(30) ◎	(18.75) ◎
	0.5	(100) ●	(62.5) ◎	(50) ◎	(31.25) ◎
	0.8	(160) ●	(100) ●	(80) ◎	(50) ◎
	1.0	(200) ●	(125) ●	(100) ●	(62.5) ◎

◎仕上げ抜き, ○高精度, ●不良, ()内は Cl_b (%)

図3 積層用ベイナイト鋼板の打抜き条件と製品精度の関係 (被加工材: SPH 3.1 mm 酸洗板, 打抜き径: ϕ 20mm)

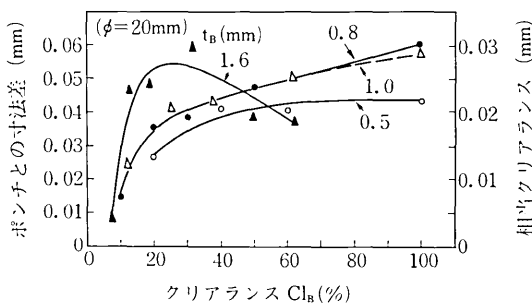


図4 a 積層用ベイナイト鋼板の打抜き条件と切刃の寸法

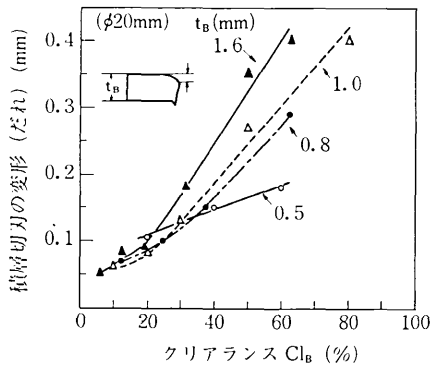


図4 b 積層用ベイナイト鋼板の打抜き条件と切刃のだれ

厚さが1mmのとき、粗仕上げ抜き型のクリアランスが0.3mm許されることを意味しており、コンターマシン仕上げでも十分使用できることを意味する。

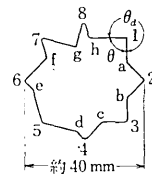
図4に積層用ベイナイト鋼板の寸法差と切刃のだれの測定値を示す。クリアランス小領域で仕上げ抜きが可能となったのは、クリアランスの値が0.015mmとほぼ零であったことと、適度の切刃Rのためと考えられる。一方、中程度以上のクリアランスにおける破断面の出現

およびクリアランス大領域の切口不良は、いずれも切刃丸味とクリアランスの存在によるものと考えられる。特に打抜き負荷時には、ベイナイト鋼板切刃はダイス穴に倒れこんでおり、図4の値より切刃のだれ、寸法もはるかに大きくなっているものと考えられる。

この種の積層抜き型のクリアランスがほぼ零に近いことを利用して、0.3mm厚のSUS 304、0.1mm厚燐青銅板、0.017mm厚のアルミ箔等極薄板の打抜き試験を行ってみたが、前記仕上げ抜き可能条件(図3の◎印)では、いずれも良好な打抜きが可能であった。

4. 複雑輪郭をもつ抜き型への応用

上記の実験調査の結果をもとにして、図5に示す複雑な輪郭をもつ試験型にベイナイト鋼板の積層を行い、輪郭形状の影響を調べた。コンターマシンの仕上げ精度を目標としたので、抜き型のクリアランスは片側0.3mmとしたが、実験には0.2φのワイヤを用いたワイヤカット放電加工にて製作したものを使用した。このダイスは放電用細孔とスリットが入っており、かつクリアランスも過大であるので通常は廃棄されるものである。



θ	1	2	3	4	5	6	7	8
θ	90	90	90	90	120	90	60	30
Rmm	0.10	2.0	8.1	6.0	4.0	4.0	4.0	4.4

	a	b	c	d	e	f	g	h
θ	225	225	225	210	210	240	270	255
Rmm	0.10	4.3	2.1	6.0	4.0	4.0	4.1	1.6

図5 星形輪郭打抜き型

4.1 ベイナイト鋼板の直接積層

クリアランス片側0.3mmの一定条件下で、板厚の異なるベイナイト鋼板の積層を試みたところ、前述の丸抜きの場合と違って、ダイス凸部輪郭に欠陥が生ずることがわかった。ダイス凸部は変形によりだれが発生するとともに、図6のように、ベイナイト切刃に欠落がみられた。変形はクリアランス過大のために生ずる打抜き力による曲がりであり、欠落は図7のように、だれ部でベイナイト鋼板の伸び変形能不足によりき裂が入るためである。これらの欠陥により輪郭形状精度がくずれるが、積層するベイナイト鋼板の板厚が増すほどクリアランス(%)は減少するので、両欠陥は減少する。1.6mm厚のベイナイト鋼板を積層する場合、ここで用いた輪郭例では、 $\theta d = 90^\circ$, $R = 0.4\text{mm}$ の部分に若干の欠落が認められる程度ではほぼ満足できる抜き型が得られた。この種の欠陥を除去するためベイナイト鋼板の多重積層を試みた³⁾。1.0mm厚3枚重ねと、1.6mm厚2枚重ねについて試験を行ったところ、ダイス凸部の変形は減少したが、欠落は完全には消滅しなかった。

研究速報

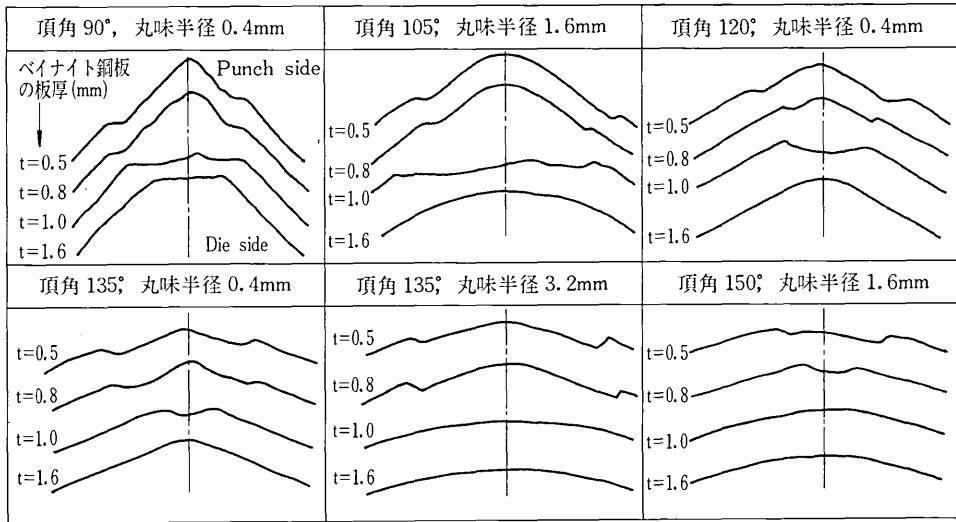


図6 積層用ベナイト鋼板の直接打抜きにおける切刃形状 (Cl=0.3 mm)

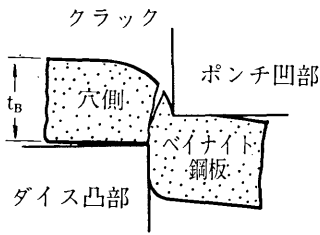


図7 打抜き機構 (ダイス凸部)

4.2 ベナイト鋼板の間接積層

積層ベナイト鋼板の厚さは、ポンチ強度の面より制約を受ける場合が多い。一般のポンチで複雑な輪郭も問題なく打抜ける限界板厚は1.0 mm程度と考えられるので、この限界内で欠陥のない切刃を得るため間接積層を試みた。間接積層というのは、欠陥の原因の一つにはクリアランスの過大があるので、比較的厚い軟質鋼板を最初に打抜き、その上にベナイト鋼板を積層するものである。実験では3.9 mm厚 (クリアランス7.7%) SPH材を打抜き積層後、1.0 mm厚までのベナイト鋼板を積層したが、この場合にも、図8のようにダイス凸部には欠落が認められた。これはSPH材自体がダイス凸部でかなりのだれを生じているためである。そこで次の手段としてSPH材のだれを約1 mm切削除去後ベナイト鋼板を積層することとした。図9はベナイト鋼板を1枚だけ、図10は複数枚積層した場合のダイス凸部の変形であり、これらの場合は欠落は認められず、輪郭は

ほぼ完全なもの得到了。しかしこの場合にも、1枚重ねで積層ベナイトの板厚が1.6 mmと厚い場合には、ベースの軟鋼切刃がだれてしまい欠落が生じた。

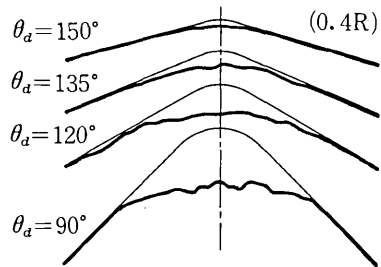


図8 積層用ベナイト鋼切刃凸部の欠落 (3.9 mm厚軟鋼板+0.8 mm厚ベナイト鋼)

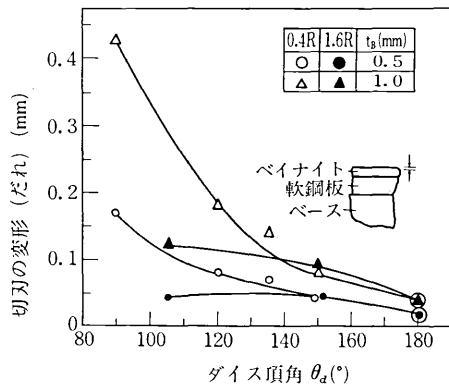


図9 ベナイト鋼板の間接積層における切刃の変形 (SPH 3.9-1.0 t+ベナイト鋼板)

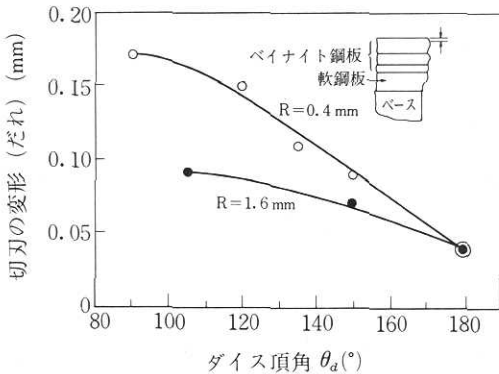


図10 ベイナイト鋼板複数積層時の切刃部の変形 (SPH 3.9-1.0 t + 0.5 t_B + 0.8 t_B + 1.0 t_B)

5. 精密な打抜きへの応用

次にベイナイト鋼板を積層した抜き型により打抜き試験を行い、製品品質の調査を行った。まず厚板の仕上げ抜き等の応用を図るため、一部ダイス凸部輪郭に欠落は認められたが、11図のように、1.6 mm 厚のベイナイト鋼板の直接積層型を用いた。その結果、図12に切口面写真を示す如く、薄板では仕上げ抜きが成功した。厚板の仕上げ抜きでは、図11 (C) に示したように1.6 mm の2枚重ねをしたうえ、切刃にヤスリにて面取りをほどこすことにより⁴⁾、6 mm 厚の SPH 材まで仕上げ抜きが可能であった。また、これらの抜き型で箔のような極薄板の打抜きを行ったところ、図11 (B) に示す2枚積層の切刃に面取りをつけないものが適していることが明らかとなった。また図13は打抜き製品の寸法精度であり、厚板抜きほど寸法差の拡大は認められるものの、全体として高精度の寸法精度が得られている。

6. ワイヤカット型の利用

本実験では粗仕上げダイスとして、ワイヤカットダイスを用いたが、このダイスを用いる利点を要約すると次のようになる。

- a) 従来はポンチ製作のためスクラップとして扱われることの多かったものを有効に利用できる。
- b) ダイス製作時間を短縮する。
- c) ワイヤカットによって生じる焼入れ後の残留ひずみ回復による精度不良の問題が解決する。
- d) 輪郭のコーナ半径が零に近い抜き型が製作できる。

7. おわりに

ベイナイト鋼板を粗仕上げダイスに積層することにより、精密抜き型とすることが可能であることを示した。この方法は、超塑性ダイス等の軟質型に比べて特別な設備や材料も必要とせず、また積層に際しての技術的問題も少ない。また型製作コストも低く、型製作時間も短く、ダイセットも不要で、簡易型並の手間でかなりの耐久性

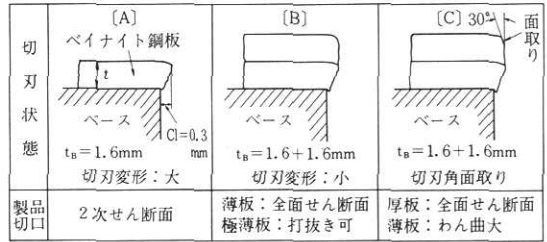


図11 1.6 mm厚ベイナイト鋼板積層ダイスによる打抜き

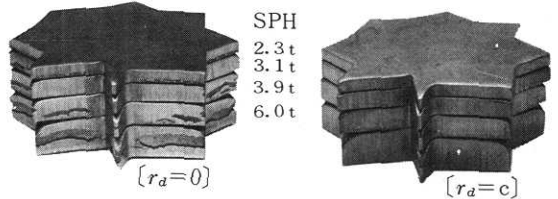


図12 1.6 mm厚ベイナイト鋼板積層ダイスによる打抜き品の性状

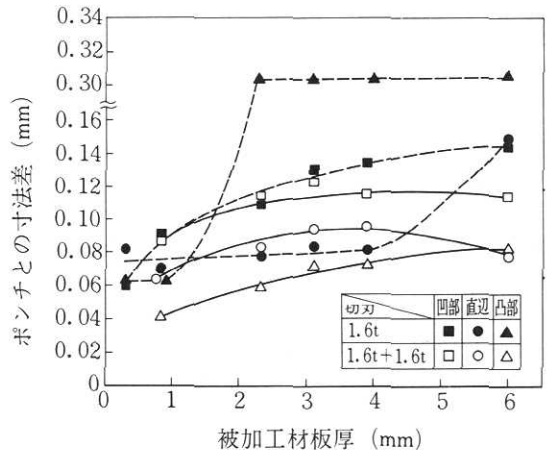


図13 ベイナイト鋼板積層型における被加工材板厚と製品精度 (星形輪郭製品)

をもつ精密型が得られることとなった。おわりに、本研究を行うに当たり、ご援助いただいた日工大、大川教授、実験に協力された日工大、学生、国松俊章、山内明弘の両君、ならびに放電抜き型を提供いただいた富士通ファナック (株) に厚くお礼申し上げます。

(1978年7月3日受理)

参考文献

1. 鈴木, 中川, 大川; 生産研究, 30巻6号 (1978.6) p. 237
2. 中川; プレス技術, 15巻, 9号 (1977)p. 26
3. 鈴木, 中川, 大川; 生産研究, 30巻7号 (1978.7)
4. 鈴木, 中川, 大川; 生産研究, 30巻8号 (1978.8)